

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

Obor B3107
Mechanická textilní technologie
Katedra textilních technologií

Využití pevnosti vlákenného materiálu ve splétaném výrobku

The usage of a fibrous material in a braided product

Mária Spišiaková

Vedoucí práce: Ing. Martina Syrovátková
Konzultant práce: Ing. Lukáš Matela, Ph.D.
Ostatní konzultanti: Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.

Rozsah práce a příloh :

Počet stran textu: 19
Počet obrázků: 16
Počet tabulek: 12
Počet příloh: 1

Datum :14.5 2007

P r o h l á š e n í

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucí bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne

.....

Podpis

PodĎakovanie

Týmto by som rada poďakovala svojej vedúcej bakalárskej práce Ing. Martine Syrovátkovej a svojim konzultantom, menovite Ing. Lukášovi Matelovi a Ing. Irene Lenfeldovej, Ph.D. za cenné rady, pripomienky, ochotu a hlavne trpezlivosť, ktorú mi venovali pri vytváraní tejto bakalárskej práce.

Moje ďalšie poďakovanie bude smerovať Ing. Miroslave Maršálkovej za podporu a technickú pomoc pri vytváraní experimentálnej časti mojej práce.

V neposlednom rade sa musím poďakovať aj svojej rodine, ktorá mi umožnila štúdium na tejto vysokej škole, materiálne a psychicky ma podporovala, bez nej by táto práca nevznikla.

Mária Spišiaková

Anotácia

Úlohou bakalárskej práce bolo vyrobiť splietaný výrobok, na ktorého výrobu bolo použité polyamidové multifilamentné vlákno fy. Rhodia Industrial Yarns Humenné a polypropylénové vlákno od firmy Lanex Bolatice. Boli vyrobené dva druhy splietaných šnúr, bez jadra a s jadrom, pričom ako jadro bol použitý štvormo družný multifil z toho istého materiálu ako oplet. U týchto šnúr sa zisťovala pevnosť a ťažnosť vzhľadom k použitému materiálu.

Annotation

The main aim of my bachelor's work was to make a fibrous material, which production was stood on the usage of the polyamide-multifilamented fibre by Rhodia Industrial Yarns in Humenne and of the polypropylene fibre by Lanex Bolatice factory. There were producted two types of weaved cords, with and without heart and as the heart, there was used a four times associated multifile of the same material like the oplet. There was searching for the solidity and the ductility of the cords in the relationship to the used material.

Kľúčové slová

- splietanie – braiding
- šnúra – cord
- lano – rope
- jadro – core
- pevnosť – strength
- ťažnosť – ductility



Obsah

1. Úvod	9
2. Technológia splietania	10
2.1. Rozdelenie splietacích strojov	11
2.1.1. Dutinové splietacie stroje	11
2.2. Príprava ozubených kôl na ich výmenu	13
2.2.1. Možnosti výmenných kôl	14
3. Materiál vzoriek	15
3.1. Polypropylénové technické vlákno	15
3.1.1. Technické parametre	15
3.2. Polyamidové technické vlákno	16
3.2.1. Technické parametre	16
4. Mechanické vlastnosti	17
4.1. Pevnosť	17
4.2. Napätie do pretrhnutia	17
4.3. Pomerná pevnosť	18
4.4. Tržná dĺžka	18
4.5. Ťažnosť	18
5. Faktory ovplyvňujúce pevnosť splietaných výrobkov	19
5.1. Teplota tavenia.....	19
5.2. Maximálna okolitá teplota	19
5.3. Odolnosť voči UV žiareniu.....	20
6. Konštrukčné technologické parametre splietaných výrobkov	21
7. Experimentálna časť	24
7.1. Výroba splietaných šnúr	24
7.2. Metódy merania veličín	25
7.2.1. Jemnosť – Gravimetrická metóda.....	25
7.2.2. Pevnosť – v ťahu.....	25
8. Namerané hodnoty.....	28
9. Vypočítané hodnoty	35
10. Vyhodnotenie výsledkov.....	39
11. Záver	39
Zoznam literatúry	41



Zoznam skratiek a symbolov

A_{\max}	Maximálna ťažnosť [%]
E	Modul pružnosti [MPa]
F_{\max}	Maximálna pevnosť [N]
W	Práca [J]
t	Čas [s]
α	Uhol kríženia [°]
σ	Napätie do pretrhnutia [Pa]
ε	Ťažnosť [%]
f	Pomerná pevnosť [N/tex]
l	Dĺžka [m]
l_T	Tržná dĺžka [km]
l	Konečná dĺžka po natiahnutí vzorky [m]
l_0	Pôvodná dĺžka vzorky [m]
l_s	Výška skrutkovice pri natiahnutí hadice [mm]
l_{s0}	Výška skrutkovice [mm]
m	Hmotnosť [g]
T	Jemnosť [tex]
Z	Počet zubov
b	Hrúbka steny dutého prámika [mm]
d_v	Priemer kalibra s navlečenou vzorkou [mm]
d_k	Priemer kalibra [mm]
p	Spletenie
PA	Polyamidové vlákno
PP	Polypropylénové vlákno
P.P	Počet prepletov
\bar{x}	Priemerný počet meraní
S	Smerodajná odchýlka [%]
v	Variačný koeficient [%]



1. Úvod /1/, /2/, /3/

Z histórie je známe, že už ľudia v dobe kamennej vyrábali laná. Zo začiatku na ich výrobu používali materiály, ktoré im poskytla príroda. Neskôr sa pre tieto účely začali materiály spracovávať a aj vyrábať. Začal sa pestovať ľan. Okrem ľanu to boli aj ďalšie rastlinné a živočíšne vlákna. Postupom času ľudia začali vyhľadávať materiály, ktoré by zlepšili vlastnosti prírodných lán.

V 30. rokoch 20. storočia boli vyrobené prvé laná z chemických materiálov. V porovnaní s prírodnými materiálmi majú nižšiu hmotnosť, vyššiu pevnosť, vysokú nosnosť a dobre odolávajú prírodným vplyvom (napr. škodcom, plesniam, vode, mrazu). Na druhej strane je potrebné priznať, že sú citlivejšie na teplo, a to i pokiaľ je vyvolané trením - mäknú a tavia sa. Najčastejšie používanými materiálmi na výrobu lán sú nylon, polyester, polyamid a aramid.

Technika, ktorá sa používa na výrobu lán siaha do čias príchodu budhizmu okolo roku 552 n. l.. V Japonsku sa nazývala Kumihimo, čo je názov pre výrobu ozdobných šnúr a pásikov (*kumi* – *splietat'*, *himo* – *šnúra*), (viď. obr.1.1).



Obr.1.1: Ručné splietanie KUMIHIMO /1/

Princíp spočíval v drevenom kole poháňanom kľukou. Na kolo bolo pripevnených niekoľko hákov, do ktorého sa vložilo niekoľko vretien a z tých sa potom mohol povraz stáčať. Tento systém sa v podstate zachoval až dodnes. Menil sa len spôsob poháňania tohto kola.

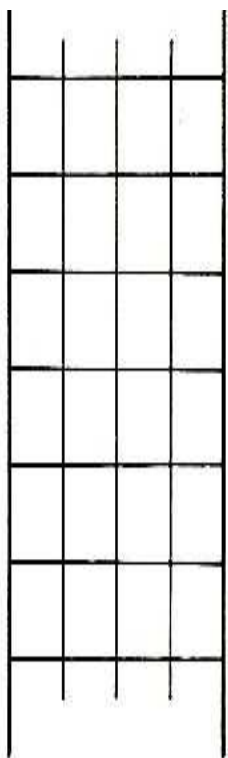


2. Technológia splietania /4/, /5/

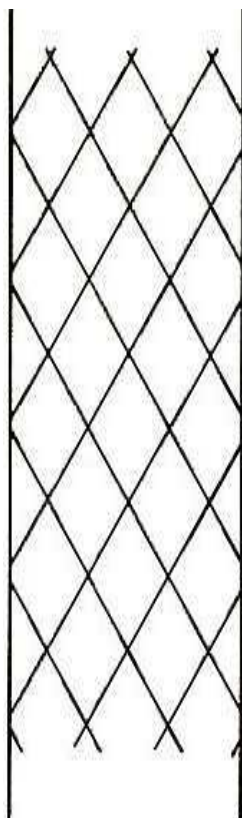
Splietanie patrí k historickým textilným postupom, ktoré slúži k výrobe rozličných domácich a priemyslových výrobkov. Ručne sa splietali napr. povrazy, laná, pútká, prútené košíky a pod.

Dnes sa touto technológiou vyrábajú nielen drobné výrobky s ozdobnou funkciou ako sú rôzne prámiky, šnúrky, lacetky, dutinky, ale tiež výrobky, u ktorých sú dôležité ich pevnostné charakteristiky – laná, ochranné plášte trubiek a hadíc, káble prenášajúce pozdĺžne zaťaženia, atď.

Proces splietania je svojou podstatou veľmi jednoduchý. V jeho základnej forme sa jedna alebo niekoľko sústav nití vzájomne preplietajú v uhlopriečnom smere. Vzniká previazanie podobné tkanine. Na rozdiel od tkania, kde sa prevádzujú dve sústavy nití, a to pozdĺžna a priečna (viď. obr. 2.1a), preplietanie má len jednu pozdĺžnu sústavu (viď. obr. 2.1b). Nite prechádzajú výrobkom pozdĺžne, vplyvom preplietania dochádza k ich vzájomnému previazaniu. Vytvára sa tak súvislý prameň usporiadaný do určitého tvaru (viď. obr. 3)



Obr. 2.1a: Štruktúra tkania /5/



Obr. 2.1b: Štruktúra splietania /5/



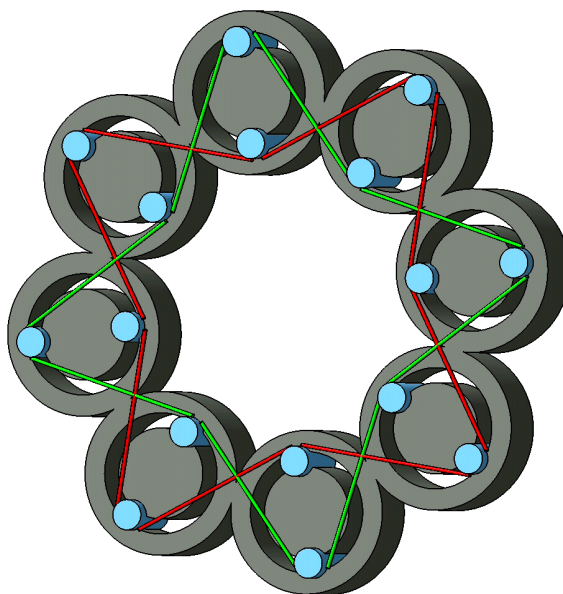
Obr. 2.2: Splietaná šnúra /14/

2.1. Rozdelenie splietacích strojov /6/

- a) Ploché splietacie stroje – výroba plochých výrobkov
- b) Dutinové splietacie stroje – výroba dutinových výrobkov
- c) Paličkovacie stroje – výroba krajok

2.1.1. Dutinové splietacie stroje /6/, /7/, /8/

Základom splietacieho stroja je sústava tzv. krídlových kôl, poháňajúcich bežce v príslušnej vodiacej dráhe. Krídlové kolá sú usporiadané v tvare uzavretého kruhu. Bežce sa pohybujú v dvoch dráhach, polovica bežcov sa trvale pohybuje jedným smerom a druhá polovica bežcov opačným smerom (viď obr.2.3).



Obr. 2.3: Vodiaca dráha bežcov

Bežec unáša cievku s niťou, z ktorej sa vzájomne splietaním s niťami ostatných bežcov vytvára splietaný výrobok. Spodná časť bežca tvorí unášací tŕň, ktorý zapadá do výrezu krídlových kôl (krídla) zaisťujúcich pohyb bežca. V hornej časti bežca je cievka a napínacie zariadenie.



Napínacie zariadenie umožňuje vytvárať požadovanú ťahovú silu v niti a regulovať jej výkyvy. Napínanie nite býva realizované závažím alebo pružinou.

Krídlové kolá sú ozubené kolá, ktoré sú otočne uložené na čapoch zasadených svojimi koncami do hornej a spodnej dosky stroja. V hornej časti majú na svojom obvode výrezy, do ktorých zapadajú unášacie tŕne bežcov. Počet výrezov závisí na type stroja.

V čapoch krídlových kôl môže byť vedený výplnkový materiál, ktorý tvorí samostatnú sústavu nití, a tým zmení charakter, vzhľad a vlastnosti výrobku. Nite prechádzajú výrobkom pozdĺžne, nepreplietajú sa, sú len zachytené medzi krížiace sa nite bežcov a sú teda oplietané. Ich počet sa dá ľubovoľne meniť.

Ako výplnok môže byť použitá pryžová niť pre výrobu guľatej gummy, prameň syntetických vlákien pre výrobu šnúr, ale aj pevné jadrá, ktoré sa používajú pre najrôznejšie technické účely. Napr. pre výrobu kruhových alebo pozdĺžnych tesnení.

V hornej doske sú vyfrézované vodiace dráhy. Vodiacich dráh býva niekoľko. Podstatu jednej vodiacej dráhy tvoria dve vlniace sa dráhy, v ktorých sa pohybujú protismerne bežce. V mieste, kde bežce prechádzajú z vnútorného na vonkajší úsek dráhy dochádza ku kríženiu nití. Tomuto kríženiu hovoríme preväzovanie – splietanie. Samostatne vodiacej dráhe bežcov sa hovorí hlava a podľa toho sú stroje jednohlavové a dvojhlavové.



Obr.2.4: Dvojhlavový splietací stroj



Zberný bod je miesto vlastného splietania nití. Polohu zberného bodu zaist'uje zberač nití (vid'.obr.2.5). Zberač je umiestnený nad stredom kruhovej vodiacej dráhy a je výškovo nastaviteľný. Zmenou výšky zberača sa mení uhol, ktorý zvierajú nite so základňou. Dá sa povedať, že zmenšením uhla dôjde k zhutneniu výrobku a naopak.



Obr. 2.5: Zberač nití /8/

Výrobok je vedený od zberača nití cez vodiacu kladku do odt'ahu slúžiaceho k odoberaniu splietaného tovaru. Odt'ah tvoria valčeky poháňané cez ozubené súkolie od jedného z krídlových kôl. Medzi ne je navedený výrobok v plochom stave a potom voľne klesá do pristavenej kanvy.

2.2.Príprava ozubených kôl na ich výmenu

Variabilita splietaných výrobkov je daná ozubenými kolami (vid'.obr.2.6). Výmena prevodov zmení počet preplietaní na splietanej šnúre.



Obr.2.6: Ozubené kolá /8/



2.2.1. Možnosti výmenných kôl

Z_1 a Z_3 : 19, 24, 28, 35, 36, 39

Z_2 : 26

$$P.p = k \cdot \left(\frac{z_3}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_1} \right)$$

$k = 3,6$

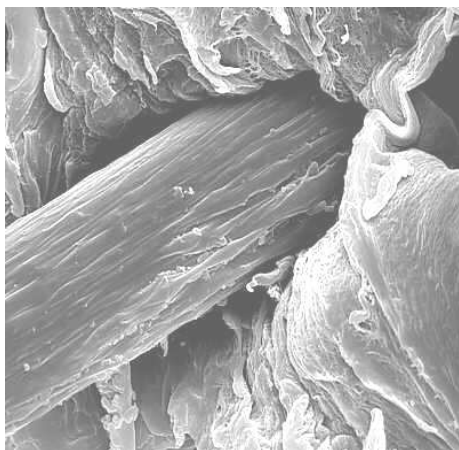
číslo	prevod	počet prepletov
1	19/26/39	7,2
2	19/26/36	6,7
3	19/26/35	6,5
4	24/26/39	5,7
5	24/26/36	5,3
6	24/26/35	5,2
7	19/26/28	5,2
8	28/26/39	4,9
9	28/26/36	4,5
10	19/26/24	4,5
11	28/26/35	4,4
12	24/26/28	4
13	35/26/39	3,9
14	36/26/39	3,8
15	35/26/36	3,6
16	39/26/39	3,5
17	36/26/36	3,5
18	35/26/35	3,5
19	28/26/28	3,5
20	24/26/24	3,5
21	19/26/19	3,5
22	36/26/35	3,4
23	39/26/36	3,3
24	39/26/35	3,2
25	28/26/24	3
26	35/26/28	2,8
27	24/26/19	2,8
28	36/26/28	2,7
29	39/26/28	2,5
30	35/26/24	2,4
31	28/26/19	2,4
32	36/26/24	2,3
33	39/26/24	2,2
34	35/26/19	1,9
35	36/26/19	1,8
36	39/26/19	1,7



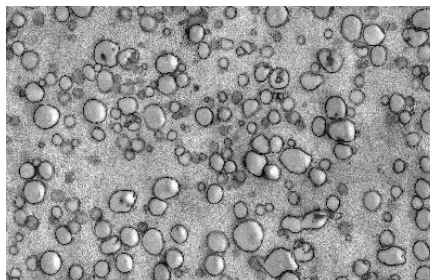
3. Materiál vzoriek

3.1. Polypropylénové technické vlákno (PP) /8/, /9/

PP vysokopevnostné multifilamentné vlákno je dodávané pod obchodným názvom **MULTITEX**.



Obr.3.1a: PP vlákno /8/



Obr.3.1b: Rez PP vlákna /8/

Pre svoje vlastnosti - vysoké odolnosti proti poveternostným vplyvom, kyselinám, alkáliám a rozpúšťadlám, dobrej farebnej stálosti a zdravotnej nezávadnosti - je vlákno používané ako východiskový materiál pre výrobu nití, šnúr, pletených i stáčaných lán, tkaných popruhov, pletených sietí a filtračných tkanín. Vďaka svojej cene a veľmi dobrým technickým parametrom môže v niektorých aplikáciách nahradzovať polyesterová vlákna.

3.1.1. Technické parametre /9/

Základným materiálom pre polypropylénové technické vlákno, šijacie nite a tkané popruhy je polypropylén, ktorý je zdravotne nezávadný a veľmi dobre odolný proti chemikáliám.

- ❖ **Hustota:** 0,91 g/cm³ - pláva na vode
- ❖ **Teplota mäknutia:** 140°C
- ❖ **Teplota tavenia:** 170°C

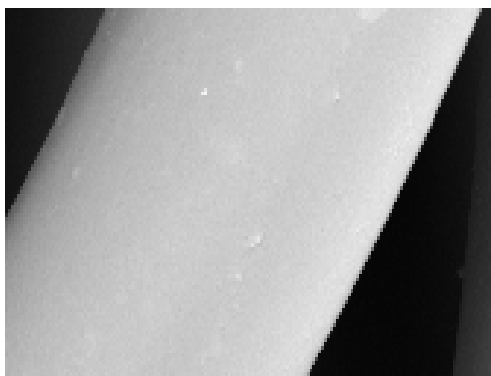


- ❖ **Maximálna dlhodobá teplota prostredia:** do 100°C (i keď pri nej nedochádza k narušeniu materiálovej štruktúry, môže významne znížiť predovšetkým pevnostné parametre výrobku)
- ❖ **Dobré elektrkoizolačné vlastnosti**
- ❖ **Odolnosť voči UV žiareniu** je dobrá za podmienok použitia stabilizátorov

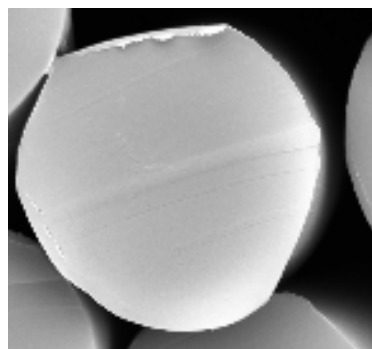
3.2. Polyamidové technické vlákno (PA) /10/

Z mnoho druhov sa pri výrobe vlákna v širšom meradle uplatnili len dva. Východiskovým materiálom pre oba druhy je ropa, z ktorej vznikajú chemickým procesom základné suroviny:

- ❖ u polyamidu typu 6 (napr. český **silon**) kaprolaktam a
 - ❖ u typu 66 (napr. **nylon**), tzv. AH soľ



Obr.3.2a: PA vlákno /10/



Obr.3.2b: Rez PA vlákna /10/

Polyamidové vlákna sa vyrábajú v tvare monofilného alebo polyfilného hodvábu aj ako striž. Vlákna môžu byť hladké aj profilované, lesklé, matované a farbené v hmote.

3.2.1. Technické parametre /10/, /11/

Jediný väčší rozdiel vo vlastnostiach oboch základných typov je, že PA 66 mäkne a roztavuje sa pri vyšších teplotách než PA 6.

- ❖ **Teplota mäknutia:** 170-235°C
- ❖ **Teplota topenia:** 215-260°C
- ❖ **Vynikajúca odolnosť voči oderu**



Polyamidy sú veľmi pružné a majú vysokú pevnosť v ťahu a v odere. Pomerne nepatrné prijímanie vlhkosti spôsobuje, že výrobky z polyamidu sa nezrážajú, za mokra strácajú pomerne málo pevnosti a rýchlo schnú. Polyamid prijíma takmer všetky druhy textilných farbív. Jeho nevýhodou je ale malá odolnosť proti vplyvom svetla a poveternosti (žltnutie) a ľahké nabíjanie statickou elektrinou.

4. Mechanické vlastnosti /12/

Mechanické vlastnosti sú popisované tzv. ultimátnymi charakteristikami:

4.1.Pevnosť (sila do pretrhnutia) P [N]

Pevnosť je jednou zo základných charakteristík. Jedná sa o silu v N (Newtonoch), ktorá je vyvinutá pri pretrhnutí. Uvádza sa tiež v kg alebo v kN a daN.

(1kg = 0,981 daN)

Minimálna pevnosť odpovedá príslušným európskym normám:

- EN ISO 1346 - PP pásik a PP Multitex
- EN ISO 1140 - Polyamid
- EN ISO 1141 – Polyester

4.2. Napätie do pretrhnutia σ [PA]

Pod pojmom napätie sa rozumie absolútna sila prepočítaná na plochu prierezu vzorky. Pretože plocha prierezu vzorky býva ťažšie stanoviteľná, prepočítava sa absolútna sila na jemnosť vzorky.



4.3. Pomerná pevnosť f [N.tex], resp. [cN/dtex]

Vyjadruje prepočet celkovej pevnosti (v Newtonoch, predtým v gramoch) pri pretrhnutí na základnú konštrukčnú jednotku lana - pásik, vlákno, monofilament (merané v dtex, predtým v denieroch). Umožňuje porovnávanie jednotlivých materiálov medzi sebou.

$$f = \frac{F}{T} \quad (4.1)$$

f pomerná pevnosť [mN.tex⁻¹]

F sila [N]

T jemnosť [tex]

4.4. Tržná dĺžka l_T [km]

Patrí k ďalším pevnostným charakteristikám. Vyjadruje dĺžku vlákna, ktoré svojou vlastnou hmotnosťou spôsobí pretrhnutie.

4.5. Ťažnosť (deformácia do pretrhnutia) ε [%]

Určuje sa súčasne s pevnosťou vlákna. Ide o predĺženie úseku vlákna v okamihu pretrhnutia vyjadrené v percentách upínacej dĺžky.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot 10^2 = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 10^2 \quad (4.2)$$

ε pomerné predĺženie [%]

Δl absolútna deformácia [mm]

l konečná dĺžka po natiahnutí [mm]

l_0 pôvodná dĺžka vzorky [mm], tzv. upínacia dĺžka



5. Faktory ovplyvňujúce pevnosť splietaných výrobkov /9/

- väzba
- konštrukcia (s jadrom, bez jadra)
- oder - narušením povrchových vlákien dochádza k znižovaniu pevnosti
- pôsobenie chemikálií - pevnosti výrobkov z materiálov, ktoré nie sú odolné voči rôznym chemikáliám, môžu byť významne ovplyvnené pôsobením týchto látok
- pôsobenie teploty
- pôsobenie slnečného (UV) žiarenia
- pôsobenie rázových síl
- záplety - znižujú pevnosť lán o cca 10%, záplety je nutné robiť veľmi starostlivo
- uzly - znižujú pevnosť lán o cca 50% (až o 90% u oceľových lán)

5.1. Teplota tavenia

Jedná sa o jednu zo základných fyzikálnych vlastností syntetických materiálov. Je to teplota, pri ktorej začínajú v syntetickom materiáli prebiehať nevratné zmeny (vlákna na povrchu začínajú sklovitieť). Je potrebné dbať na to, aby hlavne pri skladovaní neboli laná umiestnené pri zdroji tepla, pretože by mohlo dôjsť k zásadným zmenám v pevnostiach lán.

5.2. Maximálna okolitá teplota

Ide o také teploty, ktoré síce z dlhodobého hľadiska nenarušia výrobok, ale môžu spôsobiť zmenu jeho kľúčových technických parametrov.



5.3.Odolnosť voči UV žiareniu

Pôsobením UV žiarenia na textilné materiály dochádza k stratám pevnosti. Syntetické i prírodné materiály sú rôzne odolné voči UV žiareniu, resp. slnečnému svitu. Niektoré materiály, hlavne polyolefíny, vyžadujú dodatočnú UV stabilizáciu. Podľa príslušnej normy napr. PP lano so stabilizáciou 100 kLy po ročnom pôsobení UV žiarenie o intenzite 100 kLy nesmie stratiť viac než 50% svojej pevnosti. Stabilizácia môže negatívne ovplyvňovať pevnosť lana. Veľmi dobre odolnými lanami proti UV žiareniu sú vďaka svojej konštrukcii laná z PP multifilamentných vlákien.

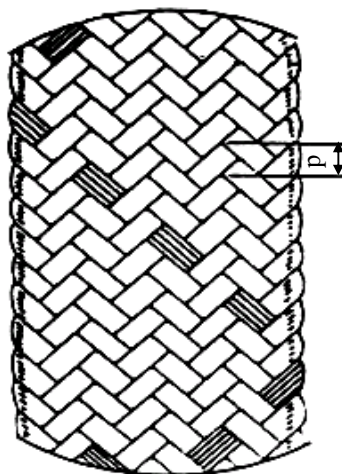


6. Konštrukčné technologické parametre splietaných výrobkov

Parametrami splietaných výrobkov a metódami ich skúšania sa zaoberá norma ČSN 80 0890: Stuhařské a prýmkařské výrobky – metódy skúšania. Pre splietané výrobky sú definované tieto parametre a postupy skúšok.

1. Hustota splietania

Hustota splietanie (viď. obr. 6.1) je definovaná ako počet po sebe nasledujúcich prechodov nití z líca na rub, na 1 cm dĺžky splietaného výrobku.



Obr. 6.1: Hustota splietania
p - 1 spletenie

Zisťuje sa priamo na výrobkoch odvinutých z návinu, kde každá odvinutá vzorka je:

- buď voľne rozprestretá na stole,
- alebo upnutá vo svorke zvislého meradla a zaťažená závažím.

Hustota splietania sa spočíta na dĺžke 2 cm pomocou textilnej lupy. Súčet zistených hodnôt sa prepočíta na dĺžku 1 cm s presnosťou na jedno spletenie.

2. Hrúbka výrobkov a hrúbka steny dutých prámikov

Hrúbka výrobku je kolmá vzdialenosť medzi lícom a rubom. Udáva sa v mm.

Hrúbka steny dutého prámika je definovaná ako kolmá vzdialenosť medzi jej vonkajším a vnútorným povrchom. Udáva sa v mm.



Hrúbka výrobku sa meria mikrometrom. Ak nie sú miesta na meranie vzhľadom k šírke výrobku určené, meria sa hrúbka približne uprostred.

Hrúbka steny dutého prámika sa meria pomocou kalibra a posuvného meradla. Vzorka sa navlečie na kaliber a posuvným meradlom sa zmeria s presnosťou na 0,1 mm priemer kalibra s navlečenou vzorkou. Musí sa dbať na to, aby sa vzorka nestlačila. Hrúbka steny b sa vypočíta podľa vzorca.

$$b = \frac{d_v - d_k}{2} \quad (6.1)$$

b hrúbka steny dutého prámika [mm]

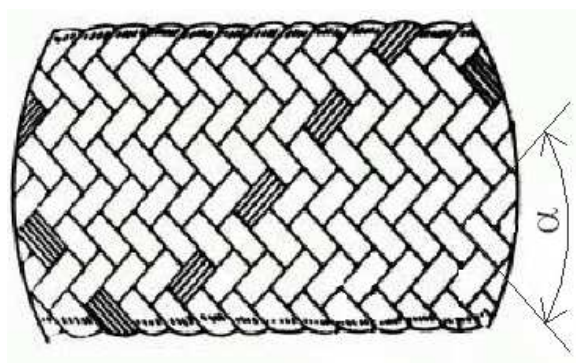
d_v priemer kalibra a s navlečenou vzorkou [mm]

d_k priemer kalibra [mm]

Priemerná hrúbka steny sa vypočíta s presnosťou na 0,01 mm a zaokrúhli sa na 0,1 mm.

3. Uhol kríženia vlákien

Uhlom α bol nazvaný uhol, ktorý medzi sebou zvierajú dva protismerne uložené pramene (viď. obr. 6.2). Udáva sa v stupňoch.



Obr. 6.2: Uhol kríženia vlákien



4. Výška skrutkovice

Výška skrutkovice l_{so} představuje výšku jednoho ovinu skrutkovice, který opisují splétané pramene okolo jadra. Zmena výšky skrutkovice pri natiahnutí hadice na iný priemer káblika odpovedá celkovému predĺženiu hadice ε podľa vzorca.

$$\varepsilon = \frac{l_s - l_{so}}{l_{so}} \quad (6.2)$$

εcelkové predĺženie hadice [%]

l_s výška skrutkovice pri natiahnutí hadice [mm]

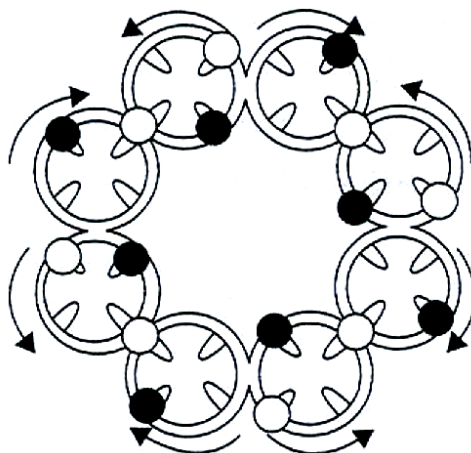
l_{so} výška skrutkovice [mm]

7. Experimentálna časť

7.1.Výroba splietaných šnúr

Šnúry, ktoré boli vyrobené pre túto bakalársku prácu sú zhotovené na dutinovom splietacom stroji. Pri ich výrobe na tomto stroji bolo nutné si materiál najprv presúkať na špeciálne cievky. Priadza bola presúkaná jednoducho a družene. Štvormo družená bola použitá ako jadro splietanej šnúry. Na výrobu vzoriek bol použitý materiál, ktorého parametre a špecifikácia sú uvedené už v kapitole /3/.

Usporiadanie paličiek na stroji bolo klasické, čo odpovedá štandardnej konfigurácii (viď.obr.7.1). Na „križovatke“ je unášač, ktorý sa pohybuje v jednom smere (dráhe) a vždy je bezprostredne krížený unášačom, ktorý sa pohybuje v opačnom smere (dráhe).



Obr.7.1: Postavenie paličiek v štandardnej konfigurácii /13/

Jeden prameň splietanej šnúry je tvorený jednou paličkou. V tomto prípade je na stroji produkovaná šestnásť pramenná šnúra, ktorá svojou štruktúrou na povrchu pripomína keprovú väzbu (viď obr.7.2)



Obr.7.2: Povrch šnúry v keprovej väzbe /8/



7.2. Metódy merania veličín /12/

7.2.1. Jemnosť – Gravimetrická metóda

Metóda spočíva v presnom odmeraní dĺžky (v našom prípade to bola vzorka dlhá 1m) a jej presnom zvážení. K určeniu hmotnosti boli použité digitálne váhy, ktoré merajú na tisícinu gramu. Dĺžkovú hmotnosť bolo možné potom spočítať podľa vzťahu:

$$T = \frac{m}{l} \quad (7.1)$$

Tjemnosť [tex]

m.....hmotnosť [g]

l.....dĺžka [km]

Tab.7.1: Jemnosť splietaných šnúr

Tab.7.1: Jemnosť splietaných šnúr Vzorky	Jemnosť	Jemnosť opletu	Počet prameňov
	T tex	T tex	
PA šnúra	2098	1707	16
PP šnúra biela	2250	1831	16
PP šnúra čierna	2293	1881	16

7.2.2. Pevnosť – v ťahu

Pri skúšaní mechanických vlastností ide väčšinou o zistenie medze pevnosti. Niť je v týchto skúškach zaťažovaná až do deštrukcie – pretrhnutia vzorky. Výsledkom je ukazovateľ:

- ultimátnej sily [N] – medznej sily zaťažovania = sily potrebnej k pretrhnutiu vzorky,
- ultimátnej deformácie [mm, %] – medzného pretvorenia = pretiahnutie, ktoré odpovedá sile v okamžiku pretrhnutia,



- ultimátneho napätia – relatívnej sily [N/tex] = sila potrebná k pretrhnutiu vzorky prepočítaná na plochu prierezu nite. Keďže ploche je v tomto prípade obtiažne stanoviteľná, ultimátna sila sa preto prepočítava na dĺžkovú hmotnosť – jemnosť[tex],
- grafické znázornenie priebehu závislosti sily [N] na rýchlosti pretrhnutia

Meranie sa robí na dynamometri (trhací stroj = trhačka) pomocou čelústí a merania odozvy – sily, meracím členom spojeným s jednou čelust'ou. Pred meraním sa zadáva upínacia dĺžka l_o (mm). Pre niektoré materiály je táto hodnota normovaná, tak ako to bolo aj v našom prípade.

U družného multifilu bola upínacia dĺžka rovnaká. Ďalším zadávaným parametrom je predpätie, čo je predbežná sila F_0 , ktorú vyvineme pred meraním pevnosti. Tiež rýchlosť zaťažovania má na výsledky merania pevnosti v ťahu a ťažnosti základný vplyv. Čím rýchlejšie budeme vzorku zaťažovať, tým menej času bude mať na preskupenie vnútorných síl tvorených napr. trením medzi vláknami. S rastúcou rýchlosťou zaťažovania rastie úroveň pevnosti a klesá ťažnosť.

Pri meraní pevnosti multifilamentných vlákien bola dodržaná norma ČSN 80 0700.

Upínacia dĺžka	500 mm
Jemnosť PA multifilu	940 dtex
Jemnosť PP multifilu (biely, čierny)	1000 dtex
Sila do predpätia	0,5 N
Rýchlosť do predpätia	100 mm/min
Rýchlosť priebehu skúšky	100 mm/min



Pri meraní pevnosti splietaných šnúr boli parametre skúšky stanovené experimentálne. Upínacia dĺžka bola z dôvodu nedostatočného rozsahu trhačky zmenšená.

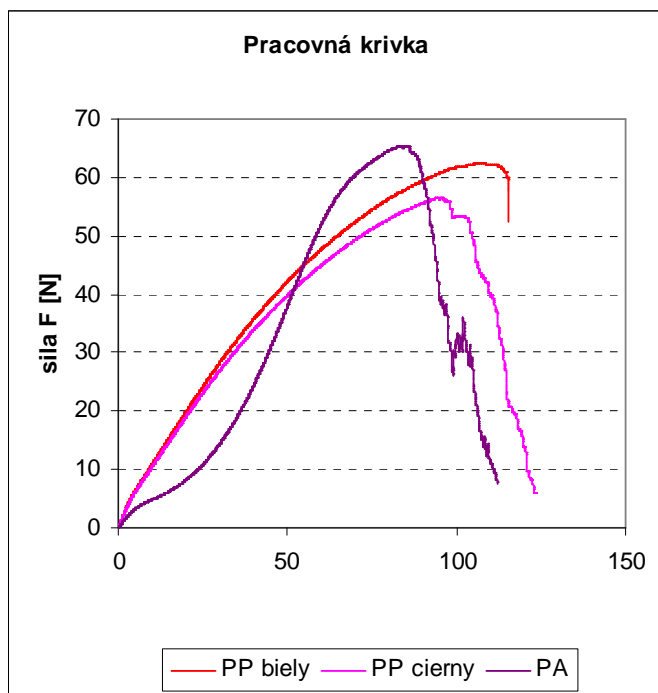
Upínacia dĺžka	100 mm
Sila do predpätia	2 N
Rýchlosť do predpätia	50 mm/min
Rýchlosť priebehu skúšky	35 mm/min



8. Namerané hodnoty

Pracovné krivky

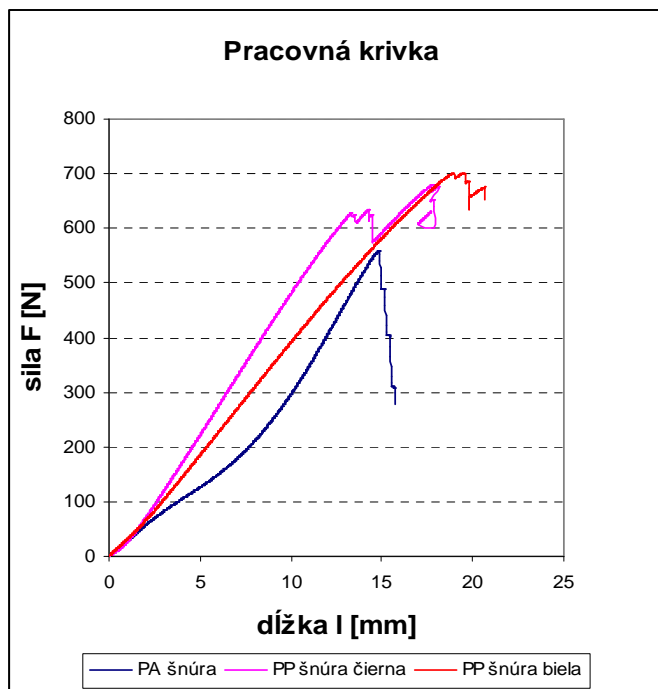
Priemerná pracovná krivka multifilov



Obr.8.1: Priemerná pracovná krivka multifilov

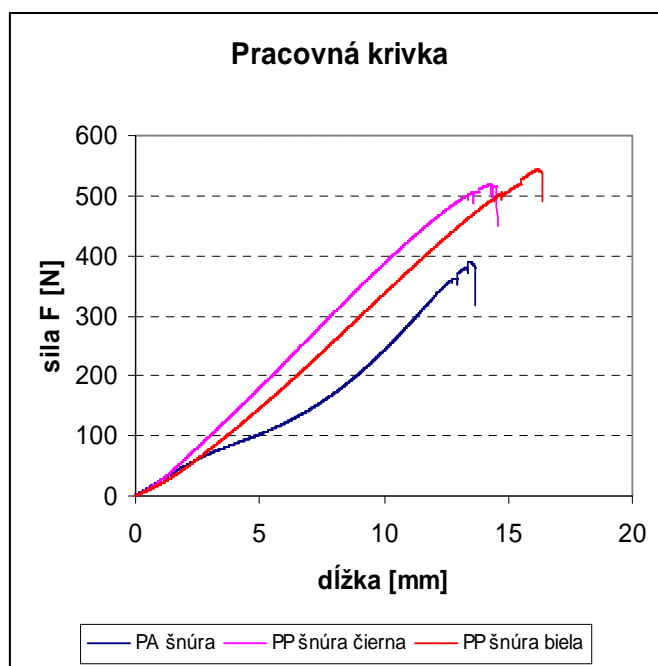


Priemerná pracovná krivka splietaných šnúr s jadrom



Obr.8.2: Pracovná krivka splietaných šnúr s jadrom

Priemerná pracovná krivka splietaných šnúr bez jadra

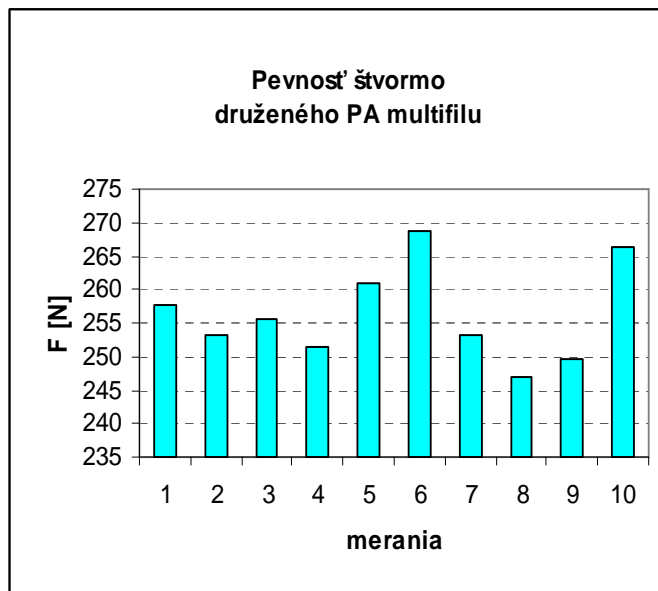


Obr.8.3: Pracovná krivka splietaných šnúr bez jadra

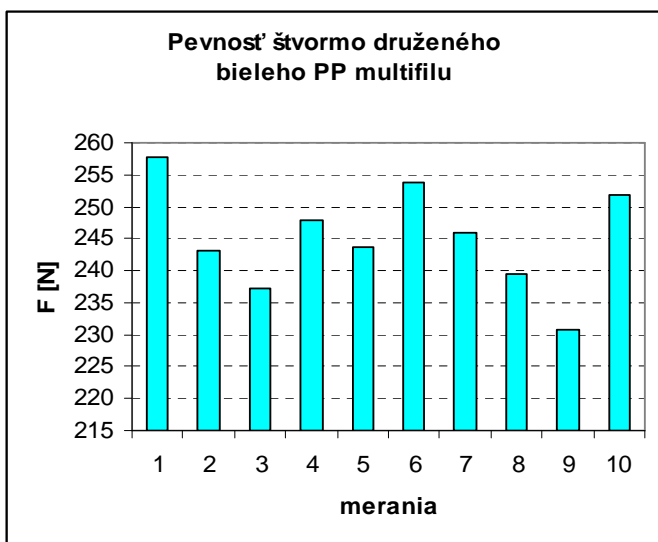


Pevnosť graficky

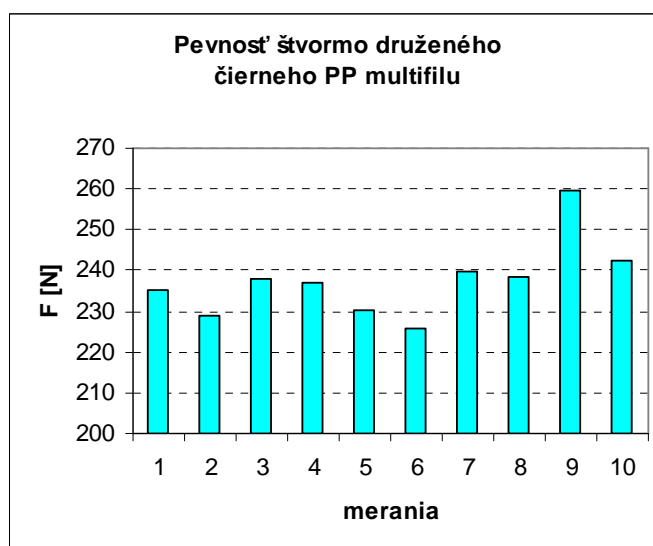
Pevnosť štvormo družných multifilov



Obr.8.4: Pevnosť štvormo družného PA multifilu



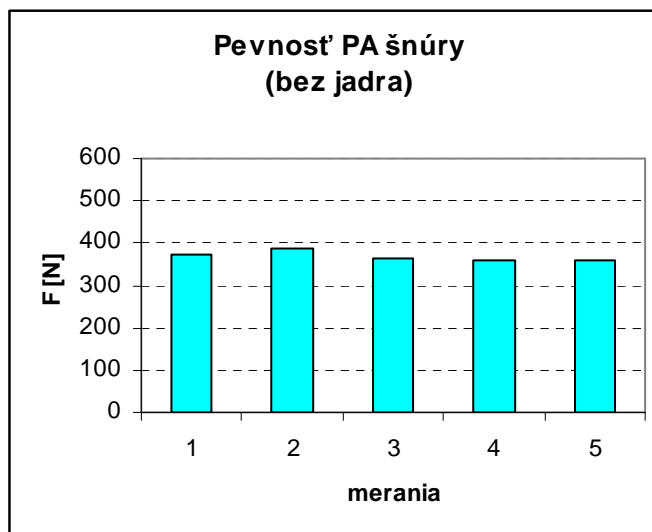
Obr.8.5: Pevnosť štvormo družného bieleho PP multifilu



Obr.8.6: Pevnosť štvormo družného čierneho PP multifilu

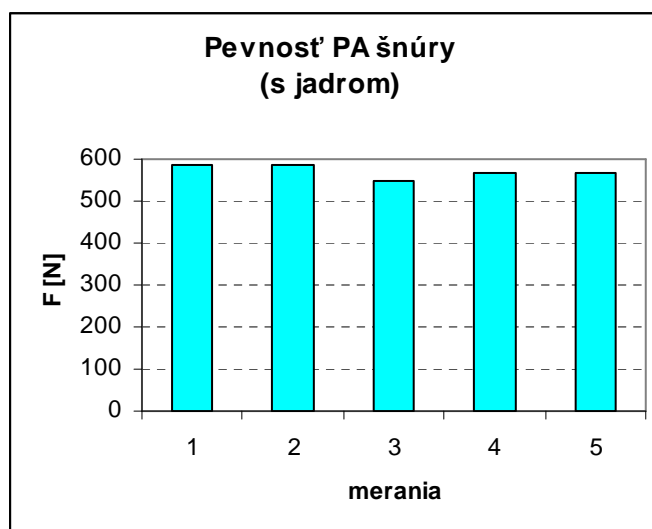


Pevnosť splietaných šnúr



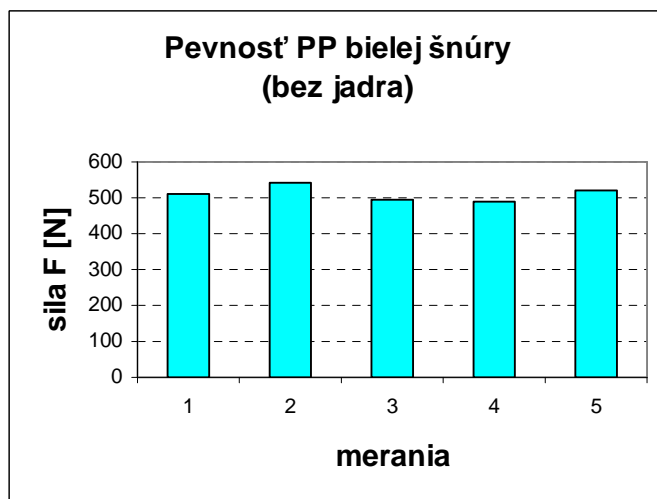
Obr.8.7: Pevnosť PA šnúry bez jadra

Priemerná pevnosť polyamidovej šnúry bez jadra je 368,41 N.



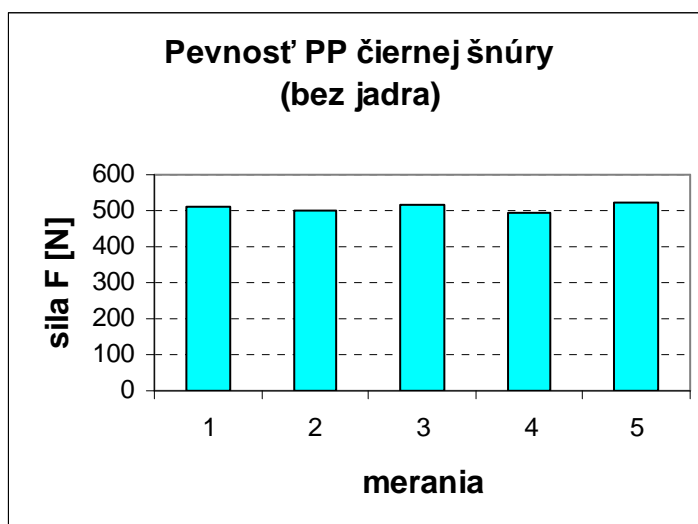
Obr.8.8: Pevnosť PA šnúry s jadrom

Priemerná pevnosť polyamidovej šnúry s jadrom je 570,23 N.



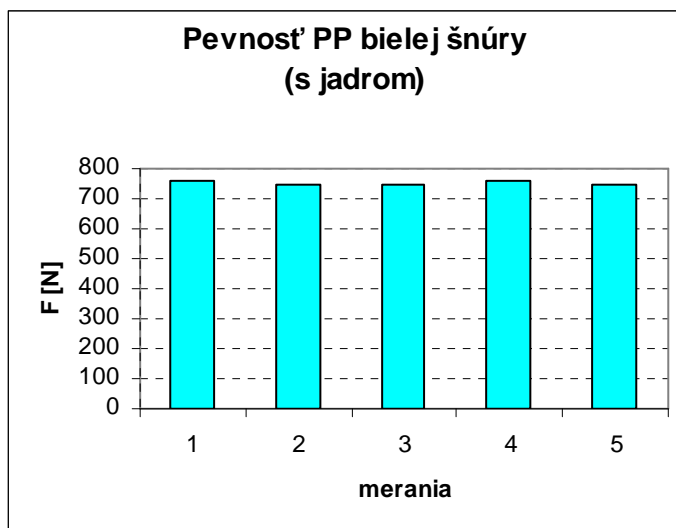
Obr.8.9: Pevnosť PP bielej šnúry bez jadra

Priemerná pevnosť bielej polypropylénovej šnúry bez jadra je 511,83 N.



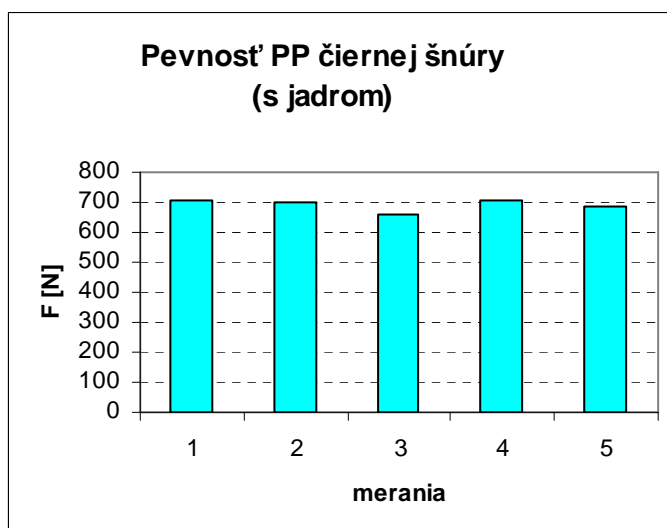
Obr.8.10: Pevnosť PP šnúry čiernej bez jadra

Priemerná pevnosť čiernej polypropylénovej šnúry bez jadra je 505,25 N.



Obr.8.11: Pevnosť PP bielej šnúry s jadrom

Priemerná pevnosť polypropylénovej bielej šnúry s jadrom je 752,65 N



Obr.8.12: Pevnosť PP čiernej šnúry s jadrom

Priemerná pevnosť polypropylénovej čiernej šnúry s jadrom je 690,47 N.



9. Vypočítané hodnoty

Štatistika multifilu

Tab.9.1: Štatistika merania PA multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	50	50	50	50	50	50
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	99,82	4,07	674,31	19,96	66,36	68,34
S	Smerodajná odchýlka skúšok	8,83	0,74	18,14	1,96	3,51	3,67
v	Variačný koeficient skúšok	8,85	18,18	2,69	9,81	5,28	5,37
	Minimálna hodnota skúšok	93,85	3,83	645,57	18,77	64,05	63,06
	Maximálna hodnota skúšok	105,06	4,40	699,81	21,01	68,66	74,04

Tab.9.2: Štatistika merania bieleho PP multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	50	50	50	50	50	50
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	95,26	4,09	751,53	19,11	62,74	23,21
S	Smerodajná odchýlka skúšok	10,43	0,69	47,34	2,09	3,71	20,76
v	Variačný koeficient skúšok	10,91	16,92	6,30	10,91	5,92	89,43
	Minimálna hodnota skúšok	68,66	2,44	557,07	13,73	51,77	8,90
	Maximálna hodnota skúšok	117,7	5,52	796,39	23,54	67,16	69,28

Tab.9.3: Štatistika merania čierneho PP multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	50	50	50	50	50	50
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	96,36	4,22	756,79	19,27	62,64	23,76
S	Smerodajná odchýlka skúšok	7,14	0,49	50,16	1,43	3,96	22,59
v	Variačný koeficient skúšok	7,41	11,64	6,63	7,41	6,31	95,06
	Minimálna hodnota skúšok	79,59	3,12	645,57	15,92	54,73	10,42
	Maximálna hodnota skúšok	111,09	5,37	845,31	22,22	67,68	74,04



Tab.9.4: Štatistika merania štvormo družného PA multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	10	10	10	10	10	10
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	110,74	14,74	969,82	22,15	256,43	66,66
S	Smerodajná odchýlka skúšok	6,07	1,31	62,21	1,21	7,1	3,28
v	Variačný koeficient skúšok	5,48	8,87	6,41	5,48	2,77	4,93
	Minimálna hodnota skúšok	102,96	13,01	849,48	20,59	247,08	62
	Maximálna hodnota skúšok	120,91	16,59	1028,83	24,18	268,86	70,98

Tab.9.5: Štatistika merania štvormo družného bieleho PP multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	11	11	11	11	11	11
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	115,023	18,88	2165,84	23,01	243,66	70,24
S	Smerodajná odchýlka skúšok	9,09	1,37	15,025	1,819	8,1453	2,833
v	Variačný koeficient skúšok	7,91	7,26	0,6937	7,905	3,3429	4,033
	Minimálna hodnota skúšok	101,01	17,46	2129,52	20,2	228,81	64,86
	Maximálna hodnota skúšok	131,37	21,38	2180,13	26,27	257,67	74,52

Tab.9.6: Štatistika merania štvormo družného čierneho PP multifilu

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	10	10	10	10	10	10
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	120,77	19,04	2111,5	24,15	237,52	71,46
S	Smerodajná odchýlka skúšok	7,53	1,63	63,02	1,51	9,33	2,94
v	Variačný koeficient skúšok	6,24	8,56	2,98	6,24	3,93	4,12
	Minimálna hodnota skúšok	108,08	16,81	2020,56	21,62	225,88	65,32
	Maximálna hodnota skúšok	131,91	22,1	2236,86	26,38	259,48	75,76



Štatistika splietaných šnúr

Tab.9.7: Štatistika merania PA šnúry bez jadra

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	12,96	2,08	556,71	12,96	368,41	20,57
S	Smerodajná odchýlka skúšok	0,38	0,13	18,05	0,38	13,06	0,59
v	Variačný koeficient skúšok	2,94	6,39	3,24	2,94	3,54	2,89
	Minimálna hodnota skúšok	12,59	1,99	536,55	12,59	356,77	19,92
	Maximálna hodnota skúšok	13,44	2,3	583,54	13,44	389,44	21,42

Tab.9.8: Štatistika merania PA šnúry s jadrom

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	15,22	4,21	696,32	15,22	570,23	29,97
S	Smerodajná odchýlka skúšok	0,67	0,35	15,39	0,37	17,44	5,05
v	Variačný koeficient skúšok	2,4	8,24	2,21	2,4	3,06	16,86
	Minimálna hodnota skúšok	14,67	3,91	671,59	14,67	546,59	24,62
	Maximálna hodnota skúšok	15,56	4,66	710,8	15,56	587,89	35,6

Tab.9.9: Štatistika merania PP šnúry (bielej) bez jadra

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	13,8	3,65	492,01	13,8	511,83	21,8
S	Smerodajná odchýlka skúšok	0,49	0,22	6,12	0,49	11,29	0,8
v	Variačný koeficient skúšok	3,55	5,99	1,24	3,55	2,22	3,65
	Minimálna hodnota skúšok	13,27	3,35	482,68	13,27	494,63	20,92
	Maximálna hodnota skúšok	14,39	3,9	498,32	14,39	523,1	22,8



Tab.9.10: Štatistika merania PP šnúry (čiernej) bez jadra

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	15,09	3,77	480,32	15,09	505,25	23,72
S	Smerodajná odchýlka skúšok	0,72	0,35	5,54	0,71	21,2	1,21
v	Variačný koeficient skúšok	4,74	9,36	1,15	4,74	4,14	5,09
	Minimálna hodnota skúšok	14,42	3,42	471,73	14,42	489,55	22,64
	Maximálna hodnota skúšok	16,17	4,27	484,94	16,17	542,9	25,58

Tab.9.11:Štatistika merania PP šnúry (bielej) s jadrom

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	21,26	8,57	516,28	21,26	752,65	33,48
S	Smerodajná odchýlka skúšok	3,74	1,35	77,06	3,73	6,22	5,84
v	Variačný koeficient skúšok	17,57	15,73	14,93	17,57	0,83	17,43
	Minimálna hodnota skúšok	18,83	7,63	379,5	18,83	747,57	29,68
	Maximálna hodnota skúšok	27,84	10,95	561,76	27,84	760,08	43,78

Tab.9.12:Štatistika merania PP šnúry (čiernej) s jadrom

	Štatistika merania	Amax	W	E	Amax	Fmax	t
		mm	J	MPa	%	N	sec
	Počet skúšok	5	5	5	5	5	5
\bar{x}	Priemerná hodnota skúšok	14,93	5,29	655,43	14,93	690,47	25,63
S	Smerodajná odchýlka skúšok	0,76	0,41	4	0,76	20,93	5,58
v	Variačný koeficient skúšok	5,07	7,63	0,61	5,07	3,03	21,79
	Minimálna hodnota skúšok	14,14	4,73	650,81	14,14	656,96	22,22
	Maximálna hodnota skúšok	16,01	5,71	659,11	16,01	706,91	35,52



10. Vyhodnotenie výsledkov

Z obr.8.1 vyplýva, že najvyššiu hodnotu pevnosti dosiahol polyamidový multifil v porovnaní s polypropylénovým.

Predpokladom bolo, že pevnosť splietaných šnúr z PA dosiahne vyššie hodnoty ako PP šnúry. Na obr.8.2 je vidieť priebeh pracovných kriviek v závislosti na dĺžke, teda na pretiahnutí. Krivka PA šnúry je zo začiatku deformovaná, čo sa využíva hlavne v horolezeckých dynamických lanách k isteniu lezca. Lano musí zachytiť pád lezca pri pôsobení malej rázovej sily. Pri zaťažení sa predlžuje, pohlcuje pádovú energiu, až do pružného zastavenia.

Po prepočítaní pevnosti, (nie je totiž možné porovnávať šnúry a rozdielnou jemnosťou) na pomernú pevnosť sa dostaneme k predpokladu najvyššej pevnosti u PA šnúr.

Splietaná šnúra	pomerná pevnosť
	f cN/dtex
PA šnúra s jadrom	2,72
PA šnúra bez jadra	2,15
PP šnúra biela s jadrom	3,34
PP šnúra biela bez jadra	2,79
PP šnúra čierna s jadrom	3,01
PP šnúra čierna bez jadra	2,68

Z tabuľky vyplýva, že predpoklad sa nie veľmi potvrdil, načo môže mať vplyv počet meraní. Vzhľadom k výške smerodajnej odchýlky, by však pre celkom konkrétne hodnotenie a zvýšenie štatistickej presnosti, bolo vhodné zvýšiť počet meraní.

Teoreticky by sa dalo predpokladať, že splietaná šnúra z polymérneho materiálu PA vykazuje nižšiu pomernú pevnosť, resp. šnúra z PP vyššiu pomernú pevnosť preto, že oba polymérne materiály majú pomerne rozdielny súčiniteľ trenia, čo môže spôsobiť zmenu rozloženia smerníc síl medzi splietanými prameňmi aj ich veľkosť.



11. Závěr

Hlavnou úlohou tejto bakalárskej práce bolo stanoviť využitie pevnosti vlákien v splietanom výrobku a sformulovať faktory, ktoré ovplyvňujú jeho pevnosť.

Vlákná, ktoré sú predkladané spracovateľskej technológii sú vystavené rôznym typom a spôsobom namáhania, práve tak, ako aj v hotovom výrobku. V tomto prípade sa najčastejšie vyskytuje namáhanie v ťahu, preto sa najviac zisťujú pevnostné charakteristiky materiálu.

Ako náhle sa vlákno dostane do splietaného výrobku, začínajú pôsobiť mechanické vlastnosti výrobku, ktoré sú dané konštrukciou výrobku (splietaný výrobok s jadrom alebo bez jadra), väzbou a samotná pevnosť vlákien sa začína vytrácať.

Pevnosť splietaného výrobku je teda ovplyvnená pevnosťou použitého materiálu, pevnosťou jadra a zároveň štruktúrou splietania.

Na splietané výrobky pôsobia veľa nepriaznivých situácií a faktorov, ktoré trvalo, dlhodobo alebo krátkodobo znižujú ich pevnosť, ktorá súvisí s kvalitou výrobkov.

Splietaný výrobok stráca svoje hodnoty, aj keď sa práve nepoužíva, napr. pri prevoze a skladovaní - pôsobenie chemikálií, UV žiarenie, vlhkosť, atď.

Kontakt splietaného výrobku s chemikáliou môže byť ľudskému oku neviditeľný hlavne vtedy, ak dôjde len k poškodeniu jadra. Ďalším faktorom je pôsobenie UV žiarenia, kedy výrobky starnú, čo má tiež vplyv na pevnosť.

Druhú skupinu, ktorá má vplyv na pevnosť tvoria mechanické poškodenia, ktoré súvisia s opotrebovaním pri používaní. K mechanickým poškodeniam môžeme zaradiť oder, trenie a u lán je to ešte rázová sila, krútenie a pod. K týmto poškodeniam môže dôjsť pri kontakte s ostrými nástrojmi, ostrými hranami, drsným povrchom a u lán predovšetkým pri výstupe a zostupe lezca.

Ďalším faktorom je trenie, ktoré má za následok praskanie opletu. Ten začne chlpať. Tomu predchádzajú spálené miesta, dochádza k roztaveniu vlákien opletu, v týchto miestach je materiál menej ohybný a ťažšie sa s ním pracuje. Vytvárajú sa tak medzery medzi vláknami, do ktorých môže prenikať vlhkosť, prach a dochádza k deštrukcii. Neposledným faktorom, ktorý vplýva na pevnosť lán je rázová sila, ktorá vzniká pri páde lezcov. Je to sila, ktorá vznikne za definovaných podmienok (hmotnosť závažia) a je lanom pohltená.

Správnym skladovaním a používaním môžeme do určitej miery tieto faktory ovplyvniť.



Zoznam literatúry

- /1/ Internetový katalóg: <<http://gord.gingo.cz>>
- /2/ Internetový katalóg: <<http://kumihimo.cz>>
- /3/ Internetový katalóg: <<http://vemat.cz>>
- /4/ Pivoňková, D.: Vzorovací možnosti splétacího stroje, BP, TU v Liberci, 2006
- /5/ Tsu-Wei Chou and Frank K. Ko: Textile struktural composites, USA, 1989
- /6/ Daněk, V.: Speciální technologie a programování výroby, VŠST v Liberci, 1991
- /7/ Koloušková, P.: Dutinné splétané výrobky z uhlíkových vláken, DP, TU v Liberci, 1991
- /8/ Kajzrová, Z.: Délková hmotnosť a pevnost polypropylénových splétaných šňúr, BP, TU v Liberci, 2005
- /9/ Internetový katalóg: <<http://lanex.cz>>
- /10/ Militký, J.: Textilní vlákna, TU v Liberci, 1999
- /11/ Bohanesová, B.; Kozlovská, H.: Náuka o materiáli pre SPŠ, Bratislava, 2000
- /12/ Kovačič, V.: Textilní zkušobnictví, díl II., TU v Liberci, 2004
- /13/ Lenfeldová, I.: Speciální pletařské výroby, TU v Liberci, 2007
- /14/ Nevyhoštěná, L.: Speciální výroba délkových textílií, TU v Liberci, 2006